LPAE - LAB.DE POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA EXPERIMENTAL
DA
FACULDADE DE MEDICINA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

COLETOR DE MATERIAL PARTICULADO "HARVARD" PM_{10} / $PM_{2,5}$

MANUAL DE INSTALAÇÃO, OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO

É PROIBIDA A REPRODUÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE MANUAL
(SEM A AUTORIZAÇÃO DO NEP/LPAE-FMUSP)

VERSÃO 3: 08.SET.2014

Elaborado por: Paulo Afonso de André

SUMÁRIO

I. Objetivo 3
II. Descrição do equipamento 4
1. Descr. e espec. coletor de material particulado 4
2. Descr. e espec. componentes principais 5
III. Requisitos 8
1. Escolha do local para instalação (outside) 8
2. Infra-estrutura no local para operação 8
3. Laboratório 8
4. Oficina para reparo e testes de equipamentos 9
IV. Instalação 10
V. Operação 12
1. Primeira operação 12
2. Operação diária no local de instalação 12
2.1. Retirada do filtro sujo 12
2.2. Instalação do filtro limpo 13
2.3. Limpeza do disco impactador 13
2.4. Inspeção de rotina 14
VI. Manutenção 15
1. Manutenções preventivas 15
1.1. Man. preventiva 500 h / 3 semanas 15
1.2. Man. preventiva 1000 h / 6 semanas 15
1.3. Man. preventiva 3000 h / 4 meses 16
1.4. Troca de mangueiras 17
2. Manutenção corretiva 18
3. “Trouble Shooting” 19

I. OBJETIVO.

Este manual descreve o equipamento para medição da concentração de material particulado, PM_{10} ou $PM_{2.5}$, por método gravimétrico, projetado como coletor de partículas, também conhecidos como amostradores “Harvard”, abordando os aspectos para sua montagem, instalação, operação e manutenção.

O equipamento foi projetado para separar o material particulado suspenso no ar nas categorias inalável (com diâmetro aerodinâmico máximo menor que 10 μm) ou fino (com diâmetro aerodinâmico máximo menor que 2,5 μm), coletando uma amostra sobre um leito filtrante que poderá ser pesado e analisado em laboratório permitindo estimar sua concentração média além de identificar os elementos que o compõe.

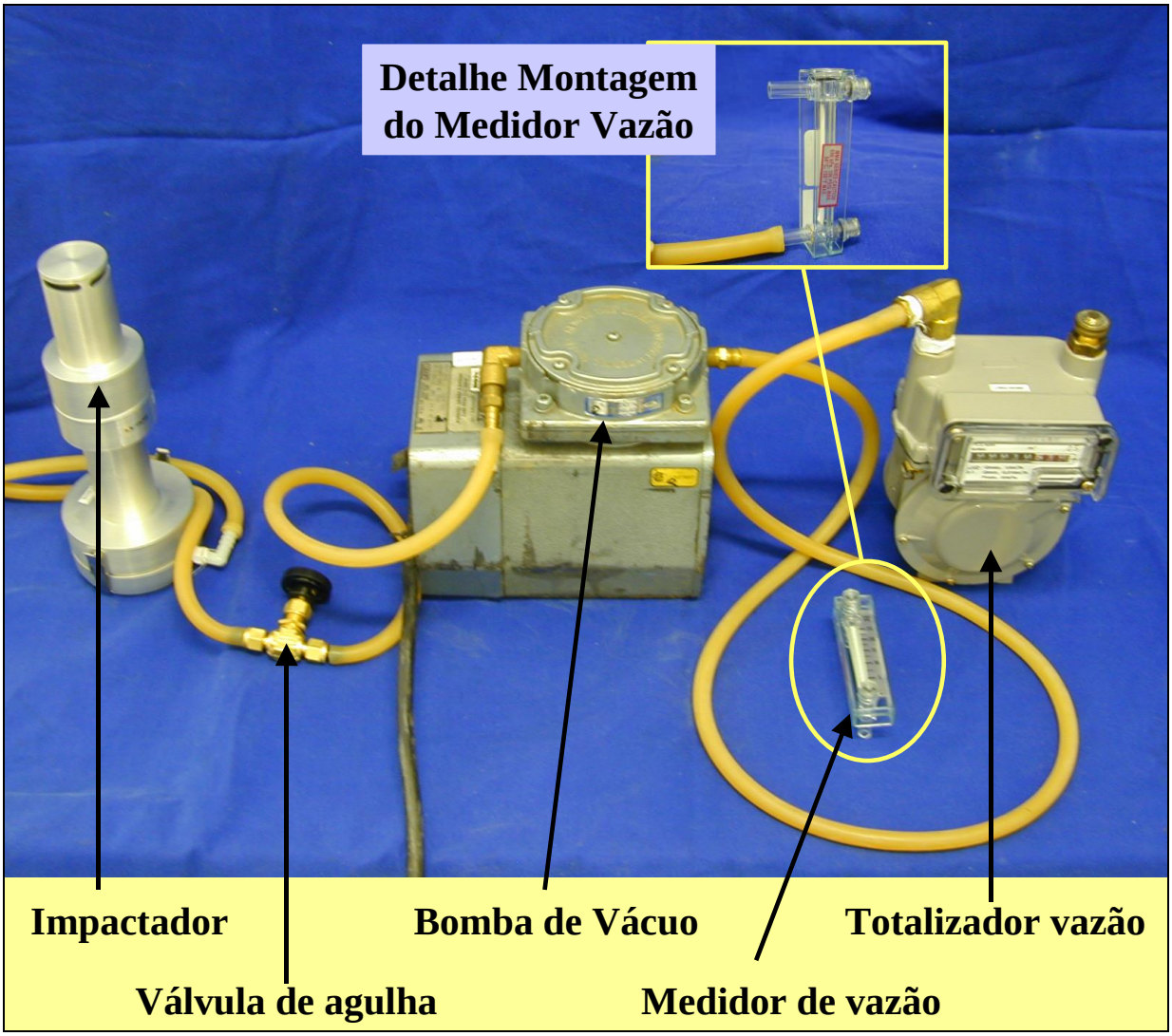
Apesar desse equipamento ter sido desenvolvido como coletor de material particulado para recintos fechados (*indoor*), ele tem sido mais largamente empregado como coletor de material particulado em áreas abertas (*outdoor*), sendo esta ultima utilização a abordada neste manual.

II. DESCRIÇÃO DO EQUIPAMENTO.

1. Descrição e especificação do coletor de material particulado:

O arranjo básico mecânico do equipamento e a identificação dos seus componentes principais estão indicados na figura 1.

Figura 1: Arranjo esquemático do Coletor de Material Particulado



Especificação técnica do equipamento:

vazão de ar:	8 a 12 l/m @ 1,27 mca;
tamanho de partícula de corte:	10 μm ou 2,5 μm (dependendo do acessório);
temperatura de operação:	5 °C a 40 °C;
ruído em operação (máx):	70 dBa @ 1 m;
características elétricas:	115 V, 60 Hz, 1 ϕ + terra, 1/8 HP (0,1 kW);
forma de operação:	controle manual de vazão;
acessórios principal:	medidor de vazão (externo ou “on line”);
acessórios opcionais:	totalizador de vazão, horímetro, tripé, gabinete metálico.

2. Descrição e especificação dos componentes principais:

Impactador:

O impactador é dividido nas seguintes peças:

- bocal de admissão de ar;
- corpo do impactador (duas peças);
- disco impactador;
- corpo do coletor de pó (duas peças).

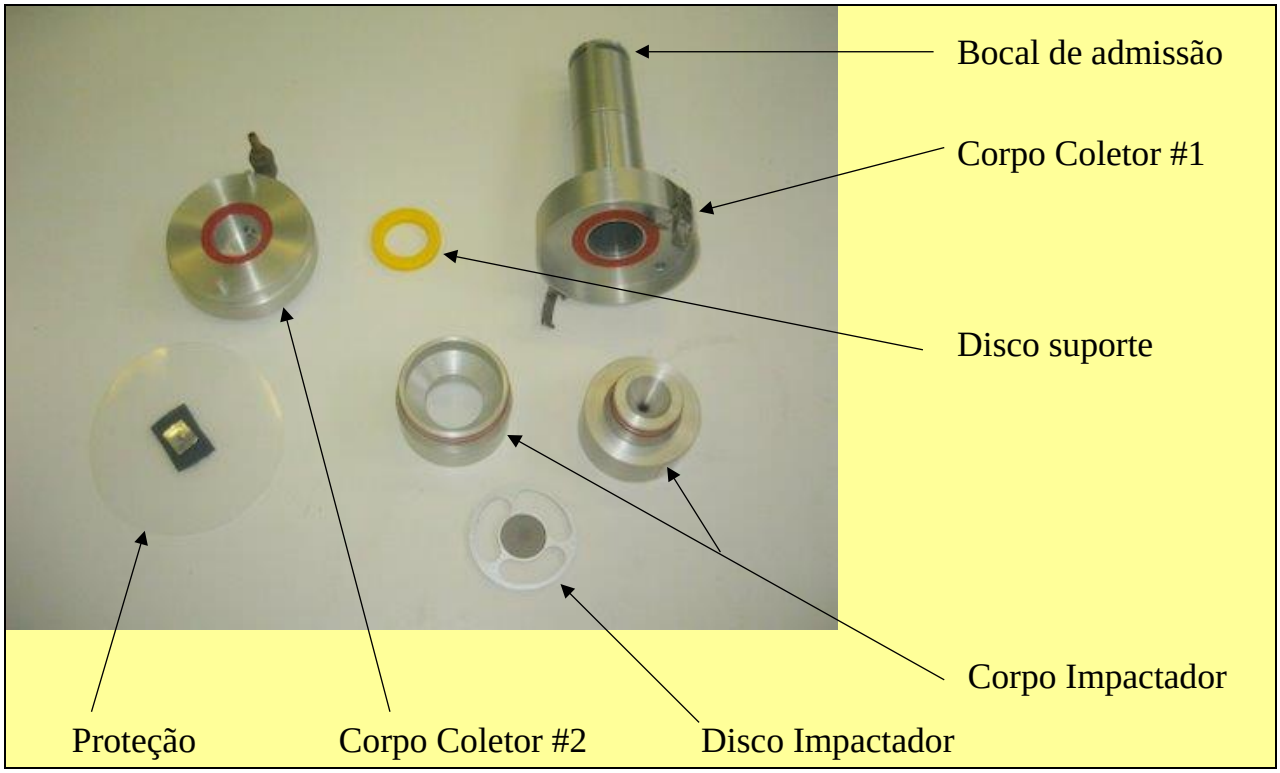
Especificação técnica de seus componentes:

- material: alumínio anodizado;
- tamanho de partícula de corte: 10 μm ou 2,5 μm (dependendo do acessório);
- disco impactador: aço inoxidável sinterizado;
- lubrificante: óleo mineral leve ou silicone;
- acessórios: adaptador para rotâmetro;
- fabricante: Harvard S.P.H./Air Diagnostics and Eng.Inc..

filtro coletor:

- material: teflon ou policarbonato, ϕ 37 mm; poro: 2 μm;
- retenção: até 0,005 μm;
- acessório: porta filtro e disco de suporte;

Figura 2: Componentes do Impactador e disco suporte do filtro coletor



bomba de vácuo:

operação:	8 a 12 l/m @ 1,27 mca;
forma construtiva:	bomba de diafragma, isenta de óleo;
temperatura de operação:	5 °C a 40 °C;
ruído em operação (máx):	70 dBa @ 1 m;
motor elétrico:	115 V, 60 Hz, 1 ϕ + terra, 1/8 HP (0,1 kW);
modelo:	DOA-P101-AA;
fabricante:	GAST Manufacturing Corp.

Gabinete Case

Os compontentes indicados na figura 1, exceto o impactador, podem ser montados em uma mala tipo case, com rodinhas e alça para facilitar seu transporte aéreo. Na figura abaixo é representada essa montagem:

Figura 3: Gabinete Case com componentes montados

O Case é fabricado com cantoneiras de nylon, perfis de alumínio, parede em compensado virolinha de 4 mm recoberto com folha de alumínio materlado, dobradiças destacáveis, alça de nylon, fechos de engate com porta-cadeado e puxador retrátil com rodas. Dispõe ainda de abertura para ventilação e a tampa tem forração interna com velcro para fixação do amostrador durante o transporte.

Estão instalados fechos com chave para proteção do equipamento quando em transporte ou no seu despacho como carga. Nenhum parafuso apresenta cabeça ou fenda externa, garantindo proteção adicional.

Gabinete Metálico:

Os componentes indicados na figura 1, exceto o impactador, são montador em um gabinete metálico para sua proteção, conforme indicado na figura abaixo:

Figura 4: Gabinete metálico com componentes montados e impactador no tripé

gabinete metálico:	alumínio carcaça # 4 mm, tampas # 1 mm;
acessórios:	ventilador, alça e trincos para tampa

Acessórios (para as duas montagens):

medidor de vazão:	2,5 a 25 lpm, Dwyer modelo MMA-24;
totalizador de vazão:	LAO modelo G-1;
válvula de agulha:	diâmetro 1/4”, Swagerlok modelo B-1RF2;
horímetro:	COEL DH 1/100 110/60Hz (modelos especiais em 220 V);
microventilador:	Ventisilva E7 127/220 V, 60 Hz, 13 W, 14 lps@5,3 mmCA;
conexões:	rosca BSP/NPT;
mangueira padrão:	em silicone: : ϕ 6 mm x # 3 mm;
mangueiras (PVC cristal):	amostrador-válv.agulha: ϕ 3/16”x # 3 mm válv.agulha-bomba de vácuo: ϕ 3/16”x 3 mm extra-flexível após bomba de vácuo: ϕ 5/16”x 1,5mm;
tripé telescópico:	Atek AT-081, 1,8 m de altura

III. REQUISITOS.

A correta operação do equipamento depende de cuidados para a seleção do local para sua instalação, da existência de uma equipe de técnicos e de uma estrutura laboratorial adequada, e ao uso de outros recursos como detalhados, a seguir:

1. Escolha do local para instalação em ambiente externo (outside):

O impactador do amostrador deverá estar instalado em área aberta onde não haja obstrução ao fluxo de ar (obstáculos como árvores, paredes, etc...), principalmente quando houver uma direção predominante do vento.

Cuidados devem ser tomados para impedir que fontes de material particulado, espúrias, interfiram com as medições a serem realizadas pelo equipamento (reformas prediais, serviços de jardinagem, ou outros que gerem material particulado a pequena distância, fora dos objetivos do estudo).

Além disso, o amostrador deverá estar, pelo menos, a 2 metros do solo/piso, conforme critério recomendado pela EPA.

2. Infra-estrutura no local para operação:

- no local selecionado para a instalação do medidor deverá existir uma fonte de energia elétrica em 110 V 60 Hz (existem unidades especiais em 220 V 60 Hz).

- além disso o local deverá ter acesso restrito ao técnico responsável pela operação e manutenção do aparelho.

- caso a limpeza do disco impactador seja realizada no próprio local de instalação do equipamento, será necessário dispor de uma pia com água limpa e de um fogão com forno que atinja 200 °C, para propiciar a adequada lavagem e necessária secagem da peça. Normalmente é fornecido um disco impactador reserva para substituição daquele em uso, quando sujo.

3. Laboratório:

O laboratório básico deverá contar com um local de acesso restrito para manter os filtros expostos (sujo) ou não (limpo) protegidos da luz, da temperatura externa e do ambiente, preferencialmente dentro da embalagem em que foram transportados (disco de Petri e tubo para 10 unidades). A embalagem térmica utilizada no transporte poderá ser utilizada para essa conservação.

Em situações especiais a pesagem dis filtros e a lavagem dos discos impactadores poderão ser realizadas em campo desde que sejam respeitados os seguintes critérios:

- sala de pesagem com balança de precisão (precisão de $\pm$ 0,1 μg) em ambiente com controle de temperatura (entre 21°C e 23°C) e de umidade relativa (entre 35% e 45%), com mesa antivibratória e dispositivo para eliminação de eletricidade estática;

- pia com água quente e estufa para secagem além de materiais auxiliares como pincel de cerdas duras, detergentes, água destilada e vidraria típica de laboratórios, para a lavagem e secagem do disco impactador.

4. Oficina para reparo e teste de equipamentos:

A realização de manutenções preventivas ou corretivas exigirá um técnico qualificado.

Pela simplicidade e robustez dos equipamentos pouca manutenção é necessária.

Quando exigida, poderá ser realizada no próprio local. A realização de manutenções, como troca de diafragma ou a troca das escovas do motor elétrico da bomba de vácuo, poderão ser, opcionalmente, realizadas em uma oficina autorizada. De qualquer modo um técnico mecânico e um mínimo de ferramentas é exigido.

Para o indicador de vazão (rotâmetro) deverá ser prevista a realização de calibrações periódicas, a fim de garantir a precisão de suas medidas. Recomenda-se realizar uma calibração antes da instalação do equipamento, repetindo-se o procedimento a cada 4 meses. Essa calibração pode ser feita utilizando um rotâmetro padrão calibrado ou a comparação de sua indicação com o totalizador de vazão.

IV. INSTALAÇÃO.

Após o recebimento dos equipamentos, deve-se verificar se não houve qualquer dano ou extravio de material durante o transporte.

A montagem dos componentes está indicada na figura 4.

Figura 4: Detalhes de instalação do equipamento

O gabinete metálico deverá ser colocado sobre uma base plana, acima do nível do piso e preferencialmente protegida da incidência de chuva ou raios solares, porém com boa ventilação. Uma fonte de energia elétrica deverá ser disponibilizada.

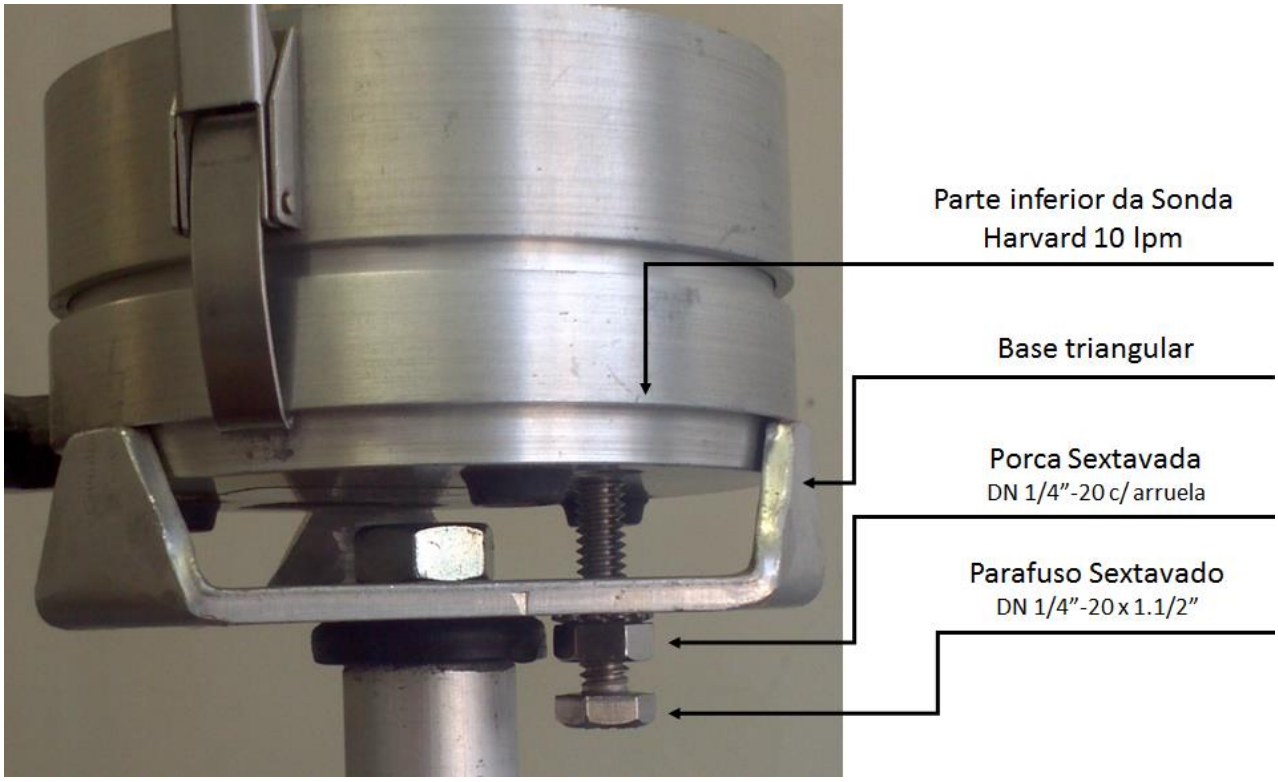
O tripé deverá ser colocado sobre uma base plana. Caso essa base seja revestida (piso acabado) a base do tripé deve ser travada com sacos com areia, como lastro. Caso o piso seja de terra, o travamento do tripé poderá ser feito com estacas metálicas amarradas na base do tripé e profundamente enterradas. Em qualquer das alternativas

deverá ser garantida a adequada estabilidade do tripé considerando o peso do impactador e o vento.

Após a instalação do tripé, deve-se montar uma base triangular sobre a extremidade superior do tripé, fixado com uma porca sextavada. Essa base permite o adequado alinhamento da sonda no tripé, evitando desequilíbrio e problemas na amostragem.

O impactador poderá então ser encaixado sobre essa base triangular, cuidando para alinhar o seu furo de fixação na parte inferior da sonda à passagem na base. Use um parafuso sextavado longo para isso, como indicado na Figura 5. Uma contraporca deve ser utilizada para travamento, impedindo que haja qualquer movimento entre as partes.

Figura 5: Detalhe da fixação da sonda na base triangular fixada ao tripé



A conexão entre os diversos componentes deve ser feita utilizando a mangueira de silicone, seguindo o esquema indicado na Figura 1. Coloque uma abraçadeira plástica em cada ponto de conexão mangueira-espigão, para garantir a adequada vedação do acoplamento.

A ligação da alimentação local elétrica ao motor elétrico da bomba de vácuo deve ser realizada por profissional qualificado, certificando-se da adequação da rede elétrica local e a instalação de fio de aterramento.

Após a conclusão da montagem uma inspeção final deve ser realizada antes de se ligar a bomba de vácuo e iniciar o procedimento de primeira operação.

V. OPERAÇÃO:

As instruções para a operação do coletor de material particulado, aqui descritas, cobrem todas as atividades que precisam ser rotineiramente realizadas no local em que o equipamento está instalado para garantir o seu correto funcionamento, inclusive após a montagem inicial.

Além disso, também estão incluídas nesta seção todas as atividades que precisam ser realizadas como apoio ao seu funcionamento, garantindo uma operação eficiente e contínua, bem como aquelas atividades complementares que permitirão a obtenção do resultado pretendido, qual seja, a estimativa da concentração média diária de material particulado em suspensão na atmosfera.

1. Primeira operação:

Após a montagem inicial, ou após uma manutenção mais severa ou um longo tempo com o equipamento desligado, deve-se proceder aos seguintes passos:

- verificar o equipamento (estado geral, fixações e interligações);
- verificar se a válvula de agulha está aberta;
- verificar se a alimentação de força local está ligada;
- verificar se não há filtro instalado no impactador;
- ligar a bomba de vácuo por 10 minutos, para aquecimento;
- ajustar a vazão de ar em 10 l/h utilizando a válvula de agulha (o medidor de vazão deve estar na posição vertical);

2. Operação diária no local de instalação:

Diariamente, no local de instalação do coletor de partículas, deve-se proceder à substituição do filtro, retirando-se o filtro sujo e reinstalando um novo filtro limpo. Além dessas atividades é recomendado realizar uma inspeção dos equipamentos quanto a sua integridade e condições de operação, registrando e solicitando manutenções preventivas ou corretivas conforme o caso.

Pode-se dividir esta etapa nas seguintes tarefas:

2.1. Retirada do filtro sujo:

- verificar o equipamento (estado geral e interligações);
- ler a vazão de ar no medidor de vazão e registrar na ficha de registro de amostragem;
- desligar a bomba de vácuo;
- registrar o dia e hora da operação, além do tempo indicado no horímetro;
- registrar o volume indicado no totalizador de vazão;
- baixar o impactador com as borboletas do tripé;
- abrir o corpo do impactador, examinando o disco impactador; substitui-lo se sujo;
- fechar o corpo do impactador verificando se não há nenhuma folga entre as partes (sacudir o conjunto verificando se o disco impactador está solto);
- realizar uma inspeção nos componentes, realizando uma limpeza, se necessária, e registrando eventuais anomalias que possam exigir uma manutenção;

- abrir os “clips” do corpo do coletor de pó, retirando o conjunto do filtro sujo;
- colocar o conjunto do filtro sujo na embalagem apropriada, verificando sua identificação;

2.2. Instalação do filtro limpo:

- colocar um novo conjunto de filtro no corpo do coletor de pó, registrando sua identificação (cuidado para não danificar as juntas de vedação). A face do porta filtro onde está indicada a numeração do filtro deve ficar para cima;
- fechar os “clips” do corpo do coletor de pó alinhando os pinos de guia;
- colocar o corpo do impactador;
- ligar a bomba de vácuo;
- ajustar a vazão de ar em 10 l/h utilizando a válvula de agulha (o rotâmetro deve estar na posição vertical quando realizar a leitura);
- registrar data, hora, vazão de ar, leitura do totalizador e leitura do horímetro na folha de registro diário.

2.3. Limpeza do disco impactador (em laboratório):

Em princípio o disco impactador deverá ser limpo no laboratório pelo LPAE, porém, na falta de peça reserva ou em situações especiais, ele poderá ser limpo no próprio laboratório local. Para essa limpeza realizar os seguintes passos:

- coloque o disco impactador em um recipiente adequado para a lavagem;
- prepare uma solução de limpeza utilizando detergentes de laboratório, na diluição recomendada pelo fabricante, utilizando água quente entre 40°C e 50°C;
- despeje a solução de limpeza sobre os discos impactadores a serem lavados, certificando-se que todas as peças estejam cobertas pela solução;
- agitando com freqüência, deixe as peças nesse banho por 10 minutos; a agitação deve ser delicada para evitar que a superfície do disco seja danificada; não utilizar banho ultra-sônico;
- verifique se não há nenhum sinal de material depositado ou de óleo na peça; caso o disco ainda contenha sujeira ou óleo repita a operação de lavagem; se mesmo assim algum depósito de material persistir, remova-o utilizando a solução detergente em água quente com um pincel de cerdas duras;
- as peças limpas devem ser enxaguadas de 2 a 3 vezes com água quente, até que todo o detergente tenha sido eliminado;
- enxágüe as peças utilizando água distilada, deixando-as de molho por 6 minutos;
- enxágüe novamente as peças com água distilada;
- após deixar que as peças escorrendo, leve-as a um secador de ar por 30 minutos ou até os discos secarem, certificando-se para que a temperatura se mantenha de 50°C até no máximo 60°C;
- aplique sobre a superfície sinterizada óleo mineral leve ou silicone, removendo o excesso;
- coloque o disco impactador em uma embalagem adequada para transporte e que possa ser selada; identifique a embalagem com “limpo”;

2.4. Inspeção de rotina:

Proceda semanalmente a uma inspeção de todo o equipamento verificando:

- estado geral dos componentes;
- se existem possíveis vazamentos de ar pela mangueira ou conexões;
- se as proteções contra intempéries estão adequadamente fixadas e protegendo efetivamente os equipamentos;
- se não há sinais de violação dos equipamentos;
- se os responsáveis no local de instalação não tem nenhum relato de ocorrência;
- se durante a desmontagem e montagem dos componentes nenhuma peça apresenta desgaste ou avaria, principalmente vedações (O'rings e guarnições);

VI. MANUTENÇÃO:

Devido à simplicidade e robustez dos equipamentos que compõem o medidor de material particulado, a necessidade de manutenção é bastante pequena.

Uma inspeção diária, descrita no item 2.4, contempla os cuidados mínimos para verificar a necessidade de programar uma manutenção corretiva, ou mesmo antecipar uma manutenção preventiva.

Em termos de complexidade, os maiores cuidados recaem sobre a bomba de vácuo. Para os demais componentes os cuidados básicos referem-se eminentemente à limpeza.

Neste capítulo consideraremos apenas a manutenção sobre os equipamentos principais, identificados na figura 1 deste manual. Para equipamentos de laboratório ou necessários para a realização de aferições deve-se seguir as instruções próprias para esse fim.

1. Manutenções preventivas:

Manutenções preventivas devem ser programadas nos períodos indicados. A freqüência recomendada é fruto da experiência de operação e das recomendações dos fabricantes dos equipamentos. Porém, devido a fatores locais, pode ser necessário reduzir o prazo indicado para permitir a correta conservação e garantir a vida útil do equipamento.

1.1. Manutenção preventiva a cada 500 h ou 3 semanas:

A cada 3 semanas deve ser realizada a limpeza dos filtros internos da bomba de vácuo:

- desligar o cabo de alimentação elétrica da bomba de vácuo;
- remover a mangueira de ligação da bomba de vácuo ao sistema;
- remover os 5 parafusos que fixam a tampa superior da bomba de vácuo;
- remover a tampa superior da bomba de vácuo e sua junta;
- remover os 3 filtros;
- lavar os filtros com solvente ou utilizar um jato de ar;
- inspecionar os filtros verificando se estão limpos e íntegros;
- caso haja sinal de dano, providenciar sua substituição, registrando na ficha de campo e na ficha de registro de manutenção do equipamento;
- recolocar os filtros na posição original;
- verificar se nenhuma peça interna saiu da posição;
- recolocar a junta e a tampa superior da bomba de vácuo, verificando a correta posição de seu encaixe (possui apenas uma posição de montagem);
- recolocar e apertar os 5 parafusos de fixação da tampa superior;
- ligar a mangueira de conexão ao sistema ao bocal correspondente da bomba de vácuo;
- verificar se todas as conexões estão firmes e sem escape de ar;
- verificar se a válvula de agulha está aberta e conectar o cabo de alimentação elétrica;

1.2. Manutenção preventiva a cada 1000 h ou 6 semanas:

A cada 6 semanas deve ser realizada uma limpeza geral do impactador (estas instruções

não se aplicam ao disco impactador). Essa limpeza considera a lavagem do corpo do impactador utilizando um pincel de cerdas macias com uma solução detergente:

- remover a mangueira de ar acoplada ao impactador;
- remover o impactador da estrutura suporte;
- desmontar o impactador, removendo o porta-filtro;
- colocar todas as peças desmontadas, inclusive os O'rings e vedações numa bacia com a solução detergente;
- lavar as peças utilizando o pincel de cerdas macias para remover todo depósito de sujeira;
- lavar as peças com água limpa, até não haver mais nenhum vestígio da solução detergente;
- aplicar silicone em todos os O'rings;
- examinar O'rings e vedações, substituindo as peças defeituosas;
- montar o impactador;
- recolocar o impactador na estrutura suporte, verificando se está bem fixado;
- recolocar a mangueira de ar no impactador.

1.3. Manutenção preventiva a cada 3000 h ou 4 meses:

A cada 4 meses deve ser realizada uma aferição do rotâmetro e a verificação do estado dos componentes de vedação da bomba de vácuo.

Para a aferição do rotâmetro utilizar procedimento padronizado pelas normas técnicas. Sugere-se, na ausência de instalações próprias ou pessoal habilitado, encaminhar o equipamento para empresas especializadas nessa aferição.

Na verificação do estado da bomba de vácuo será testada sua capacidade de manter a vazão de ar com uma queda de pressão acima da condição de operação. Este procedimento assegura que os componentes internos de vedação e o diafragma da bomba estão em condições adequadas de operação. Caso a vazão de ar não seja mantida, proceder a uma manutenção corretiva com a troca das vedações e/ou do diafragma, repetindo este procedimento de teste.

Para a verificação do estado da bomba de vácuo todos os componentes do sistema deverão estar montados, na condição normal de operação (com o filtro de teflon instalado):

- instalar um medidor de pressão na entrada da bomba de vácuo, mantendo todos os acessórios da instalação na condição de operação;
- abrir totalmente a válvula de agulha;
- ligar a bomba de vácuo, deixando-a funcionar por 10 minutos caso o equipamento esteja frio;
- remover o tampão de proteção na entrada de ar do rotâmetro;
- remover do impactador o bocal de admissão de ar, instalando o adaptador para rotâmetro;
- ajustar a vazão de ar em 10 l/h utilizando a válvula de agulha (o rotâmetro deve estar na posição vertical quando realizar a leitura);

- nesta condição o medidor de pressão deverá estar indicando uma depressão de até 50” de coluna d’água (aproximadamente 1.27 mca);
- fechar progressivamente a válvula de agulha, até que o medidor de pressão indique uma depressão de 60” de coluna d’água (aproximadamente 1.52 mca);
- verifique a leitura do rotâmetro: se a indicação de vazão tiver diminuído até uma unidade de escala do rotâmetro, a bomba de vácuo está em condições adequadas de operação;
- abrir a válvula de agulha até restabelecer a pressão mínima para manter a vazão de 10 l/h;
- desligar a bomba de vácuo;
- remover o adaptador para rotâmetro, reinstalando o bocal de admissão de ar;
- colocar o tampão de proteção na entrada de ar do rotâmetro;
- remover o medidor de pressão, certificando-se de que não haja entradas falsas de ar na linha;

1.4. Troca de mangueiras

Quando necessário as mangueiras devem ser subtituídas para evitar fugas ou entradas de ar falsas, que podem afetar a operação do equipamento.

A mangueira recomendada é feita de silicone, com diâmetro interno de ϕ 6 mm (equivalente a 1/4”) e parede com espessura de # 3 mm, adequada ao uso em ambiente externo agressivo, com grande flexibilidade e longa vida útil, capaz de se adaptar aos diversos diâmetros de espigões utilizados nos equipamentos.

Alternativamente podem ser utilizadas mangueiras em PVC cristal, de menor flexibilidade e reduzida vida útil quando utilizada ao tempo, com custo reduzido, descritas abaixo:

- mangueira alto vácuo: instalada entre o amostrador e válula de agulha, de PVC cristal (ϕ 3/16” **#** 2,5 a 3,0 mm);
- mangueira alto vácuo flexível: instalada entre a válula de agulha e a entrada da Bomba de Vácuo, de PVC cristal especial (ϕ 3/16” # 2,5 a 3,0 mm);
- mangueira baixa pressão: instalada após a saída da Bomba de Vácuo, interligando-a com o totalizador e o medidor de vazão, de PVC cristal (ϕ 3/16” **#** 1,5 mm).

Para instalar uma nova mangueira, siga o seguinte procedimento:

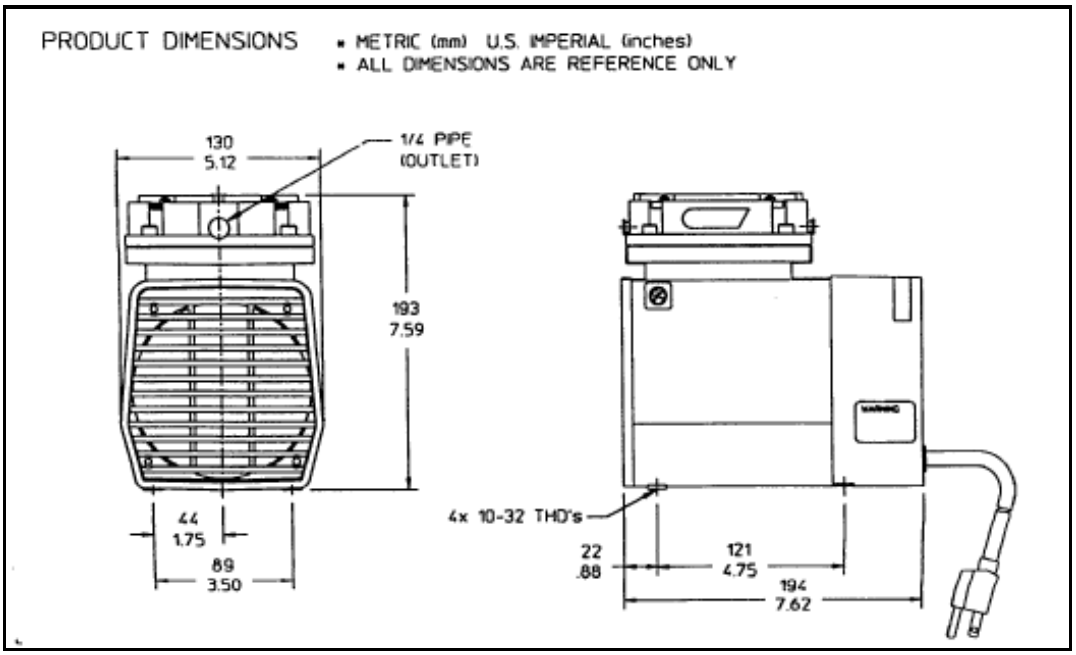
- certifique-se que as peças estejam limpas;
- coloque a extremidade da mangueira em um recipiente com água fervente por, pelo menos, 2 minutos, para deixa-la mais amolecida e apta a ser colocada;
- force a extremidade da mangueira amolecida sobre o espigão metálico até que ele se encaixe totalmente sobre a peça;
- após esfriar verifique se ficou bem travada;
- instale uma abraçadeira de nylon na mangueira sobre o espigão, garantindo a fixação.
- No caso do rotâmetro, de plástico, já é fornecida uma abraçadeira metálica que deve ser instalada com o auxílio de um alicate de bico chato.

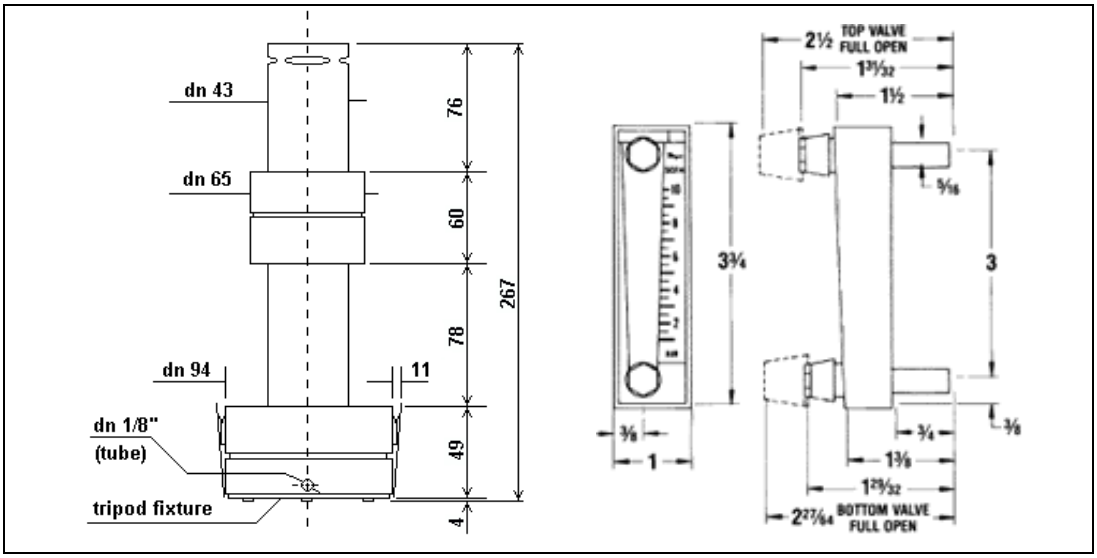
2. Manutenção corretiva:

Caso seja necessário trocar o diafragma ou as vedações da bomba de vácuo, seguir as instruções do fabricante da bomba de vácuo que acompanham o equipamento.

Caso seja necessário trocar escovas do motor elétrico da bomba de vácuo, ou seja necessária a realização de qualquer outra manutenção nesse motor, solicitar a presença de um técnico habilitado ou encaminhar o equipamento para uma oficina especializada.

Figura 6: Dimensional dos equipamentos principais: Bomba de Vácuo, Impactador Harvard 10 lpm e Medidor de vazão de ar





3. “Trouble Shooting”:

Abaixo é fornecida uma tabela com possíveis problemas que podem ocorrer com o equipamento e a indicação das possíveis ações corretivas a serem adotadas:

Anomalia	**Possível solução**
- Equipamento não liga.	- verifique a alimentação elétrica até o painel; - verifique a ligação elétrica do painel até a bomba de vácuo; - verifique se o disjuntor está ligado;
- Fluxo de ar está baixo.	- verifique se há algum estrangulamento nas mangueiras; - verifique se há alguma entrada falsa de ar nas conexões; - verifique se a base do impactador está corretamente fechada; - verifique se todos os parafusos de fixação do cabeçote da bomba de vácuo estão apertados; - verifique se a bomba de vácuo está em condição satisfatória de funcionamento (ver manutenção preventiva dos componentes da bomba de vácuo);
- Fluxo de ar está alto.	- verifique se a bomba de vácuo ainda não está fria demais para operar, aguarde 15 minutos;
- Disjuntor desarma repetidamente.	- verifique se não há algum curto-circuito; - verifique se a tensão selecionada no transformador corresponde à tensão da alimentação;
- Horímetro não indica nenhum tempo decorrido.	- verifique se a fiação do painel elétrico está alimentando o horímetro; - substitua o horímetro.

Caso alguma ocorrência não esteja considerada, procure orientação técnica qualificada.

Revisão 3: incluído detalhe da montagem da sonda no tripé e detalhes das mangueiras, revisão geral sobre alimentação elétrica alternativamente em 220 V 60 Hz.

(arquivo MIOM10lpmR1.doc)